Kraft- und Stoffwechselversuch mit hydrolysiertem Eiweifs am Hund

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Universität Basel

vorgelegt von

Fritz Grote

früherem Assistenzarzt der medizinischen Klinik
zu Basel

Braunschweig
Druck von Friedrich Vieweg und Sohn
1907

Kraft- und Stoffwechselversuch mit hydrolysiertem Eiweifs am Hund

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Universität Basel

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

vorgelegt von

Fritz Grote

früherem Assistenzarzt der medizinischen Klinik
zu Basel

Braunschweig
Druck von Friedrich Vieweg und Sohn
1907

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546418_0052

Meinem lieben Vater

gewidmet.

Da von verschiedenen Seiten angenommen wird, das Eiweiß werde im Darm bis zu seinen kristallinischen Endprodukten gespalten und dann durch eine Synthese dieser Spaltprodukte dem Körper wieder nutzbar gemacht, lag es nahe, durch einen vollständigen Stoffwechselversuch mit durch Pankreatin verdautem Eiweiß die Verhältnisse im Tierkörper näher zu studieren. Dabei mußten sich interessante Ergebnisse in bezug auf die Wirkung tryptisch verdauten Eiweißes auf die Wärmeproduktion ergeben, da es möglich wäre, daß hydrolysiertes Eiweiß im Wärmehaushalt des Tieres eine andere Rolle spielte als unverändertes Eiweiß. Zugleich kann man dann auch der Frage näher treten, worauf die Steigerung der Wärmeproduktion nach Eiweiß (spezifisch-dynamische Wirkung des Eiweißes nach Rubner) beruht, in dem ein Teil der Verdauungsarbeit, nämlich die Spaltung des Eiweißes, durch Verdauungsfermente ausgeschaltet ist.

Deshalb wurden im Verlaufe einer längeren Versuchsreihe [1]), in welcher die spezifisch-dynamische Wirkung verschiedener Eiweißkörper untersucht wurde, auch ein Versuch mit durch Pankreatin hydrolysiertem Eiweiß eingeschaltet.

Die Versuche wurden an einem 24 kg schweren Hunde ausgeführt, der bereits zu analogen Versuchen mit Fleisch, Kaseïn und Glutenkaseïn gedient hatte. Er wurde nach zweitägigem Hungern am 23. V. 1906 morgens 7 Uhr in den für Tiere eingerichteten Jaquetschen Respirationsapparat gebracht [1]). Die

[1]) Bezüglich der Einzelheiten der Methodik verweise ich auf: Falta, Grote und Staehelin, Versuche über den Kraft- und Stoffwechsel usw., Hofmeisters Beitr. z. chem. Physiol. u. Pathol. 9.

Temperatur im Kasten betrug während der ganzen Versuchszeit 28 bis 30° C. Ob die chemische Wärmeregulation bei dieser Temperatur vollständig ausgeschaltet war, können wir nicht entscheiden, da wir aber die spezifisch-dynamische Wirkung der verschiedenen Eiweißkörper bloß vergleichen, so hat das für unsere Versuche nichts zu sagen.

Am 24. V. morgens erhielt das Tier 140 g Pferdefleisch, 23 g Fleischextrakt, 17,5 g Schweinefett, dann wurden ihm 120 g durch Pankreatin verdautes Kaseïn, das in Wasser teils gelöst, teils aufgeschwemmt war, mit der Sonde eingegossen. Um über die Verhältnisse bei Fütterung mit hydrolysiertem Eiweiß vor Ausführung des Respirationsversuchs etwas ins klare zu kommen, hatten wir schon früher einen Vorversuch an demselben Hunde gemacht, der in gleicher Weise wie der Respirationsversuch ausgeführt wurde, nur daß der Hund sich nicht im Respirationskasten befand. Beide Male behielt das Tier die eingeführte Nahrung gut bei sich. Die N-Kurve verlief im Vorversuch ähnlich wie im Respirationsversuch; auch die P_2O_5- und Ammoniakausscheidung, die im Vorversuch nur für die erste 12stündige Periode nach der Fütterung bestimmt wurde, gab übereinstimmende Werte (2,62 bzw. 1,67 g gegenüber 2,12 bzw. 2,47 g). Der Versuch wurde am 25. V., abends 7 Uhr, abgebrochen.

Das hydrolisierte Kaseïn war in der Weise gewonnen worden, daß Kaseïn. techn. (Merck) ein Jahr lang mit Pankreatin Rhenania behandelt worden war. 1 kg Kaseïn wurde in 10 Liter Aq. destill. aufgeschwemmt und nach Zusatz von Pankreatin und Natr. bicarb. in der Brutkammer stehen gelassen. Im Laufe der Zeit wurde häufig umgeschüttelt und mehrere Male frisches Pankreatin zugefügt. Die gesamte Verdauungsflüssigknit inkl. Bodensatz wurde dann im Vakuum bei einer 40° C nicht überschreitenden Temperatur eingedampft, woraus eine harte Masse resultierte, welche pulverisiert werden konnte. Das Pulver war schwach gelblich gefärbt und äußerst hygroskopisch. Nach dem Pulvern wurde die Substanz nochmals im Vakuum über Schwefelsäure getrocknet; sie gab nur bei der Ringprobe eine Spur Biuretreaktion.

Die Analyse der Substanz ergab: N = 12,41 Proz., C = 46,695 Proz., H = 7,809 Proz., Asche = 2,648 Proz., Cal pro 1 g = 4,89.

Die Abgrenzung des Kotes erfolgte im Respirationsversuch erst um 7 Uhr abends des ersten Versuchstages, die Schlußabgrenzung bereits um 7 Uhr abends des dritten Versuchstages. Die Bilanzen beziehen sich natürlich auf das zwischen diesem Zeitpunkt gelegene Intervall von 48 Stunden.

Der Kot war im Vorversuch von dickbreiiger Beschaffenheit, im Hauptversuch geformt. Er wog im letzteren feucht 160 g, trocken 20 g, N = 1,74 g, C = 9,41 g, H in der Trockensubstanz = 1,10 g, Asche = 2,8 g, Cal = 74,2. Es geht aus diesen Zahlen hervor, daß das hydrolysierte Kaseïn vorzüglich resorbiert worden war.

Der Harn wurde in 12stündigen Perioden gewonnen, die erste Portion des nach der Fütterung gelassenen Urins reagierte auffallend stark sauer.

Die Exspirationsluft wurde nach Durchlüftung des Apparates in 4- bis 6stündigen Perioden nach der von Jaquet[1]) angegebenen Methode untersucht.

Der Stickstoff wurde nach Kjeldahl, C und H im eingetrockneten Urin und in den Nahrungsstoffen und Kot durch Elementaranalyse bestimmt. Die Verbrennungswärme der Trockensubstanz von Harn, Kot und Nahrung wurde direkt im Hempelschen Kalorimeter[2]) bestimmt.

Leider wurde bei diesem Hunde nie der Hungerkot untersucht, deshalb wurde bei einem gleich großen, 23 kg schweren Hunde der Hungerkot während vier Tagen bestimmt.

Ich lasse nun die Resultate in tabellarischer Form folgen (siehe Tabellen S. 8 bis 10), darauf folgt die Berechnung der Wärmeproduktion und hierauf die Diskussion der Resultate.

Berechnung.

Zunächst seien die Resultate der Analysen von Harn und Kot zusammengestellt, wobei die für den Hungerkot angegebenen Zahlen von einem anderen Hunde stammen (s. o.).

Urin	C	N	H	Asche	O	Trockensubstanz	Cal
23/24 B	2,366	2,654	0,564	1,552	2,320	9,456	22,962
24/25 A	7,240	10,598	1,651	5,763	4,648	29,900	78,820
24/25 B	5,945	7,240	1,531	2,635	5,789	23,140	60,288
25/26 A	2,868	3,472	0,673	0,990	2,653	10,656	29,563
Total	18,419	23,964	4,419	10,940	15,410	73,152	191,633
Fütterungskot . .	9,41	1,74	1,10	2,80	4,95	20,0	74,24
Hungerkot . . . (Tagesmenge)	1,12	0,14	0,18	0,77	0,79	3,0	11,44

I. Berechnung der Resultate des ersten Hungertages.

Für die zweite Hälfte des Tages läßt sich die genaue Berechnung in folgender Weise durchführen:

Vom Körper wurden abgegeben:

Kot[3])	0,562 g C,	0,089 g H,	0,395 g O, 0,069 g N
Harn	2,366 „ „	0,564 „ „	2,320 „ „ 2,654 „ „
Total	2,928 g C,	0,653 g H,	2,715 g O, 2,723 g N

[1]) Jaquet, Ein neuer Apparat zur Untersuchung des respiratorischen Stoffwechsels des Menschen. Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Basel **15**, 252.

[2]) Hempel, Gasanalytische Methoden, 3. Aufl., S. 375, Braunschweig 1900; vgl. auch Schlossmann, Zeitschr. f.. physiol Chem. **37**, 324.

[3]) Gewonnen von einem anderen Tiere gleicher Größe (s. o.)

Tabelle I. Erster Tag.

23. bis 24. Mai 1906.

Periode	Nahrung	Respiration								Harn									Körpergewicht
		$C[CO_2]$ in der Atemluft		O_2-Aufnahme		R. Q.	Ventilation	H_2O durch Lungen u. Haut		Harnmenge	Spez. Gew.	N		C	H	NH_3	P_2O_5	C/N	
		in toto	stdl.	in toto	stdl.			in toto	stdl.			in toto	stdl.						
7—8h	200	4,823																	
[8h 30]	Wasser	[17,68]	[11,79]	18,267	12,178	—	—	16,8	16,8										24,03
8h [8h 30]		8,041																	
—11h		[29,477]	[11,79]	30,445	12,178	0,705	3226,2	50,5	16,8										
11—3h		13,523								107	1030	2,576	0,216	—	—	—	—	—	
		[49,574]	[12,393]	48,547	12,137	0,738	5223,6	69,5	17,6										
3—7h		13,92																	
		[51,033]	[12,758]	50,084	12,52	0,737	5267,5	87,6	21,9										
7—7h 30	200	3,422																	
[8h]	Wasser	[12,544]	[12,544]	12,230	12,23	—	—	9,9	18,9										23,72
7h 30 [8h]		16,825																	
—1h		[61,68]	[12,33]	59,760	11,95	0,746	6057,4	87,4	16,0	105	1032	2,654	0,221	2,366	0,564	0,238	—	0,891	
1—7h		19,962																	
		[73,182]	[12,197]	73,157	12,193	0,723	7257,3	120,3	20,05										
																			23,47
Total																			Mittel
7—7h	400 Wasser	80,516	—	292,490	—	—	—	442,0	—	212	—	5,230	—	—	—	—	—	—	23,75

Tabelle II. Zweiter Tag.

24. bis 25. Mai 1906.

Periode	Nahrung	Respiration								Harn									Körpergewicht
		$C[CO_2]$ in der Atemluft		O_2-Aufnahme		R. Q.	Ventilation	H_2O durch Lungen und Haut		Harnmenge	Spez. Gew.	N		C	H	NH_3	P_2O_5	C/N	
		in toto	stdl.	in toto	stdl.			in toto	stdl.			in toto	stdl.						
7—8^h	120 g Kaseïn hydrolysiert 140 g Pferdefl. 23 g Fleischextrakt 17,5 g Schweinefett 530 Wasser	5,711																	
[8^h 30]		[20,935]	[13,597]	20,034	13,356	—	—	21,42	21,42										23,47
8^h [8^h 30]		11,183								252	1052	10,598	0,883	7,240	1,651	2,125	2,47	0,683	
—11^h		[40,995]	[16,398]	39,207	15,683	0,753	2899,8	68,5	22,8										
11—3^h		18,439																	
		[67,594]	[16,898]	64,841	16,21	0,754	4651,2	130,6	32,82										
3—7^h		16,785																	
		[61,533]	[15,383]	60,341	15,085	0,737	4715,4	107,5	26,9										
7—7^h 30	kein Wasser	3,823																	
[8^h]		[14,016]	[14,016]	14,016	14,016	—	—	11,9	23,9										23,55
7^h 30 [8^h]		17,252								198	1041	7,240	0,603	5,945	1,531	0,738	0,80	0,821	
—1^h		[63,244]	[12,649]	64,689	12,938	0,707	5763,4	115,3	21,0										
1—7^h		21,123																	
		[77,433]	[12,905]	74,995	12,499	0,746	6993,5	112,5	18,75										23,00
Total																			Mittel
7—7^h	120 g Kaseïn hydrolysiert 140 g Pferdefl. 23 g Fleischextrakt 17,5 g Schweinefett 530 Wasser	94,316	—	338,123	—	—	—	567,7	—	450	—	17,838	—	13,185	3,182	2,863	3,27	—	23,34

Tabelle III. Dritter Tag.

25. bis 26. Mai 1906.

Periode	Nahrung	Respiration								Harn									Körpergewicht
		$C[CO_2]$ in der Atemluft		O_2-Aufnahme		R. Q.	Ventilation	H_2O durch Lungen u. Haut		Harnmenge	Spez. Gew.	N		C	H	NH_3	P_2O_5	C/N	
		in toto	stdl.	in toto	stdl.			in toto	stdl.			in toto	stdl.						
7—8^h		4,949																	
[8^h 30]		[18,144]	[12,095]	19,42	12,95	—	—	15,77	15,77										
8^h [8^h 30] —11^h		7,696 [28,213]	[11,285]	28,489	11,396	0,724	3101,9	38,5	12,8										23,00
11—3^h		13,027 [47,757]	11,930	46,622	11,65	0,741	4830,7	59,2	14,8	95	1039	3,472	0,29	2,868	0,673	0,503	0,480	0,826	
3—7^h		14,011 [51,364]	12,84	50,651	12,663	0,733	4723,3	89,0	22,2										
Abgrenzung																			22,75
Total 7—7^h		39,683	—	145,182	—	—	—	199,5	—	95	—	3,472	—	2,868	0,673	0,503	0,480	—	Mittel 22,87

Nehmen wir mit Zuntz[1]) an, daß 16,65 g N 100 g asche- und fettfreiem Fleisch entsprechen, so entsprechen 2,723 g N $\frac{2{,}723 \times 100}{16{,}65} = 16{,}36$ g asche- und fettfreiem Fleisch.

100,00 g Fleisch = 52,38 g C, 7,27 g H, 22,68 g O, 16,650 g N
16,36 „ „ = 8,57 „ „ 1,19 „ „ 3,71 „ „ 2,723 „ „

davon fallen ab in Harn und Kot:

2,93 g C, 0,65 g H, 2,71 g O, 2,723 g N,

also ausgeschieden

als CO_2 und H_2O, 5,64 g C, 0,54 g H, 1,00 g O

5,64 g C brauchen zur Oxydation $5{,}64 \times 2{,}667$ = 15,04 g O
0,54 g H „ „ „ $0{,}54 \times 7{,}920$ = 4,28 „ „
19,32 g O
Davon stammt aus verbranntem Körpereiweiß . . . 1,00 „ „
Daher kommen aus aufgenommenem O . . . . . 18,32 g O

In der Respirationsluft sind abgegeben 40,21 g C, aufgenommen 145,15 g O
davon gehen ab für Eiweiß . . . . . 5,64 „ „ 18,32 „ „
verbleiben für Kohlehydrate und Fett . 34,57 g C 126,87 g O

1 g C aus Kohlehydrat braucht zur Oxydation 2,651 g O
1 „ „ „ Fett „ „ „ 3,751 „ „

daraus berechnet sich C aus Kohlehydrat 2,50 g (5,62 g Glykogen)
C „ Fett . . . . 32,07 g (41,90 g Fett)
34,57 g

Kalorienberechnung.

16,36 g C aus Eiweiß = $16{,}36 \times 5{,}631$ = 92,1 Cal
2,50 „ „ „ Glykogen = $2{,}50 \times 9{,}500$ = 23,7 „
32,06 „ „ „ Fett = $32{,}07 \times 12{,}300$ = 394,5 „
Total 510,3 Cal

Abfall im Kot 5,7 Cal
„ „ Harn 23,0 „
28,7 Cal . . . . . 28,7 Cal
Es bleiben 481,6 Cal.

Für die erste Hälfte des Hungertages läßt sich diese Art der Berechnung nicht durchführen, da im Urin nur der N bestimmt wurde, doch können wir mit Hilfe von Standardzahlen die Wärmeproduktion berechnen.

[1]) Zuntz, Höhenklima und Bergwanderungen, S. 102. Berlin 1906.

Wenn wir die Berechnung mit den Zuntzschen Zahlen[1]) durchführen, so erhalten wir:

	aus Eiweiß	aus Fett	aus Kohlehydrat	Total
C in der Exspirationsluft . .	6,60	32,59	1,13	40,32
Kalorien	64,4	400,5	10,7	465,6

Um zu prüfen, ob diese Berechnung berechtigt ist, können wir die gleiche Berechnung für die zweite Hälfte des Hungertages mit Hilfe der Standardzahlen ausführen. Wir erhalten dann:

	aus Eiweiß	aus Fett	aus Kohlehydrat	Total
C in der Exspirationsluft . .	6,79	31,03	2,38	40,21
Kalorien	66,3	381,7	22,6	470,6

Mit der oben durchgeführten genaueren Berechnung erhalten wir 481,6 Cal.

II. Berechnung der Resultate des Fütterungstages und der anschließenden Hungerperiode.

In der Nahrung wurden eingeführt:

Hydrolysiert. Kaseïn:	56,03 g C,	14,89 g N,	9,37 g H,	36,53 g O,	3,18 g Asche
Übrige Nahrung[2]) .	38,56 „ „	6,12 „ „	6,09 „ „	17,93 „ „	7,36 „ „
Total	94,59 g C,	21,01 g N,	15,46 g H,	54,46 g O,	10,54 g Asche

Im Kot wurden

in toto ausgeschieden . .	9,41 g C,	1,74 g N,	1,10 g H,	4,95 g O,	2,80 g Asche
Abzug für Hungerkot . .	1,12 „ „	0,14 „ „	0,18 „ „	0,79 „ „	0,77 „ „
Bleiben als Fütterungskot	8,29 g C,	1,60 g N,	0,92 g H,	4,16 g O,	2,03 g Asche

In der Nahrung	94,59 g C,	21,01 g N,	15,46 g H,	54,46 g O,	10,54 g Asche
Im Kot d. Fütterungstages	8,29 „ „	1,60 „ „	0,92 „ „	4,16 „ „	2,03 „ „
Also resorbiert	86,30 g C,	19,41 g N,	14,54 g H,	50,30 g O,	8,51 g Asche

N-Bilanz.

N resorbiert	19,41 g
N im Harn des Fütterungstages . . .	17,84 „
retiniert	1,57 g N.

Es sind also 1,57 g N im Körper zurückbehalten worden. Da wir nicht wissen, ob die diesem N entsprechende Menge von hydrolysiertem Kaseïn am Fütterungstage verbrannt worden ist und

---

[1]) Magnus-Levy, Physiol. des Stoffwechsels in v. Noordens Handbuch d. Pathologie des Stoffwechsels. 2. Aufl., S. 205.

[2]) Für Schweineschmalz berechnet; in Fleisch und Extrakt wurden C, N, H, Asche und Kalorien direkt bestimmt.

nur die Ausscheidung der Endprodukte verzögert wurde, oder ob auch die Zersetzung erst am folgenden Tage stattgefunden hat, so können wir die Berechnung der Wärmeproduktion nicht für diesen Tag allein durchführen, sondern wir müssen den nachfolgenden Hungerhalbtag mit in die Berechnung ziehen. Es ist deshalb zu den Verlusten durch den Kot des Fütterungstages der Verlust im Kot des Hungerhalbtages wieder zu addieren.

Resorbiert waren	86,30 g C,	19,41 g N,	14,54 g H,	50,30 g O
Im Hungerkot vom 25./26. V.,				
1. Periode	0,56 „ „	0,07 „ „	0,09 „ „	0,40 „ „
Es bleiben	85,74 g C,	19,34 g N,	14,45 g H,	49,90 g O

Wir erhalten dann folgende N-Bilanz:

Im Harn des Fütterungstages	17,84 g N
„ „ „ folgenden Hungertages	3,47 „ „
	21,31 g N
Aus der Nahrung wurden resorbiert	19,34 „ „
Aus eingeschmolzenem Körpereiweiß	1,97 g N

Nach Zuntz berechnet sich daraus $\frac{1{,}97 \times 100}{16{,}65} = 11{,}83$ g Eiweiß.

Also stammen

aus eingeschmolzenem Körpereiweiß	6,20 g C,	1,97 g N,	0,86 g H,	2,68 g O
aus der Nahrung	85.74 „ „	19,34 „ „	14,45 „ „	49,90 „ „
aus Nahrung und Körpereiweiß . .	91,94 g C,	21,31 g N,	15,31 g H,	52,58 g O
Im Harn erschienen	16,05 „ „	21,31 „ „	3,85 „ „	13,19 „ „
Es bleiben	75,89 g C,	—,— g N,	11,46 g H,	39,49 g O

75,89 g C brauchen zur Bildung von CO_2 . . .	$75{,}89 \times 2{,}667$ =	202,40 g O
11,46 g H „ „ „ „ H_2O . . .	$11{,}46 \times 7.940$ =	90,99 „ „
		293,39 g O
Aus der Nahrung stammen		39,49 „ „
Also aufgenommen		253,90 g O

In der Atemluft sind abgegeben	134,00 g C,	aufgenommen	483,30 g O
Davon gehen ab für Nahrung und Körper-Eiweiß	75,89 „ „		253,90 „ „
Es bleiben für Körperfett (und Kohlehydrate)	58,11 g C		229,40 g O

58,11 g C hätten als Fett ein O-Bedürfnis von $58{,}11 \times 3{,}751 = 217{,}97$ g O.

Bedenkt man, aus wieviel Faktoren sich diese Berechnung zusammensetzt und daß kleine Fehler bei der Aufstellung derselben nicht zu vermeiden sind, so wird man diese Übereinstimmung der Sauerstoffzahlen eine zufriedenstellende nennen.

Kalorienberechnung.

In der Nahrung finden sich:

Hydrolysiertes Kaseïn	586,8 Cal
Mischung von Fleisch, Extrakt und Fett	457,1 „
Total	1043,9 Cal
Abfall im Kot (Fütterungskot, Hungerkot d. Halbtags 74, 2 — 5, 7) =	68,5 „
	975,4 Cal
Dazu aus eingeschmolzenem Körpereiweiß	66,6 „
	1042,0 Cal
Im Harn	168,7 „
	873,3 Cal
Dazu aus Körperfett (58,11 × 12,3)	714,8 „
	1588,1 Cal

Nehmen wir nun an, die Hungerzersetzung sei am Tage nach der Fütterung die gleiche gewesen wie am Tage vor der Fütterung, so hätten wir für den halben Tag nach der Fütterung 481,6 Cal in Abzug zu bringen.

	1588,1 Cal
	481,6 „
Es bleiben	1106,5 Cal
An den beiden Hungerhalbtagen 2 × 481,6	963,2 „
Also eine Wärmesteigerung von	143,3 Cal

Dabei ist aber zu erwägen, daß die Hungerzersetzung jedenfalls abgesunken wäre; tatsächlich haben wir auch bei den Versuchen mit anderen Eiweißkörpern ein Absinken der Wärmeproduktion am Tage nach der Fütterung gegenüber dem Tage vor derselben um 7 bis 20 Cal beobachtet. Wir können die Wärmeproduktion der Hungerperiode, die dem Fütterungstage folgt, annähernd berechnen unter der Annahme, die am Fütterungstage retinierten 1,57 g N stammten aus unverbranntem, hydrolysiertem Kaseïn, und dieses sei in den folgenden zwölf Stunden zur Zersetzung gelangt. Wir erhalten dann folgende Rechnung:

Im Urin	2,868 g C,	3,472 g N,	0,673 g H,	2,653 g O
Im Kot	0,562 „ „	0,069 „ „	0,089 „ „	0,395 „ „
Verluste	3,430 g C,	3,541 g N,	0,762 g H,	3,048 g O

Daraus berechnet sich eine Zersetzung von

hydrolys. Kaseïn $\frac{1,57 \times 100}{12,41}$ = 12,66 g mit	5,91 g C,	1,57 g N,	0,99 g H,	3,85 g O
Körpereiweiß $\frac{1,97 \times 100}{16,65}$ = 11,83 „ „	6,20 „ „	1,97 „ „	0,86 „ „	2,68 „ „
Summe	12,11 g C,	3,54 g N,	1,85 g H,	6,53 g O
Im Harn und Kot erschienen	3,43 „ „	3,54 „ „	0,76 „ „	3,05 „ „
In der Atemluft	8,68 g C,	0,00 g N,	1,09 g H,	3,48 g O

8,68 g C brauchen zur Bildung von	CO_2	$8,68 \times 2,667$	= 23,15 g O
1,09 g H „ „ „ „	H_2O	$1,09 \times 7,920$	= 8,63 „ „
		Summe	31,78 g O
Aus Nahrung und Körpereiweiß stammen			3,48 „ „
also aus der Inspirationsluft			28,30 g O

In der Atemluft wurden abgegeben . .	39.68 g C,	aufgenommen 145,18 g O
Davon gehen ab f. Nahrung u. Körpereiweiß	8,68 „ „	28,30 „ „
Es bleiben für Körperfett	31,00 g C	116,88 g O

Die 31,00 g C entsprechende Fettmenge würde zur Oxydation brauchen $31,00 \times 3,751 = 116,28$ g O.

Kalorienberechnung.

Aus hydrolysiertem Kaseïn	12,66 ×	4,890	= 61,9	Cal
„ Körpereiweiß	11,83 ×	5,631	= 66,6	„
„ Körperfett	31,00 ×	12,3	= 381,3	„
		Summe	509,8	Cal
Abfall im Harn	29,56			
„ „ Kot	5,72		35,3	„
	35,28		474,5	Cal

Der richtige Wert für die Wärmeproduktion des Fütterungstages wäre also 1588,1 — 474,5 = 1113,6 Cal. Als Hungerzersetzung wäre zu erwarten gewesen am 24. bis 25. V. 481,6 + 474,5 = 956,1 Cal und die spezifisch-dynamische Wirkung berechnet sich auf 1113,6 — 956,1 = 157,5 Cal.

Besprechung der Resultate.

Bei den Versuchen mit gleichen Mengen anderer Eiweißkörper haben wir eine Steigerung der Wärmeprodukion von 171,6 bis 187,4 Cal beobachtet. Die Steigerung in unserem Falle wäre also 14 bis 30 Cal = etwa 8 bis 16 Proz. geringer. Wir müssen aber bedenken, daß unser hydrolysiertes Kaseïn einen geringeren Brennwert besaß als unverändertes Eiweiß; wir haben deshalb mit der Nahrung weniger Kalorien zugeführt.

120 g hydrolysiertes Kaseïn haben eine Verbrennungswärme von		586,8 Cal
120 g unverändertes „ „ „ „ „	„	etwa 672,0 „

Wir haben also beim hydrolysierten Kaseïn etwa 85 Cal = 7,5 Proz. weniger eingeführt als in den Versuchen mit unveränderten Eiweißkörpern. Andererseits ist zu überlegen, daß ja die spezifisch-dynamische Wirkung in unserem Versuch in erster Linie auf das Eiweiß zurückzuführen ist und daß das gleichzeitig ge-

gebene Fett und wahrscheinlich auch das Fleischextrakt demgegenüber die Wärmeproduktion nur um einen verschwindend kleinen Teil vermehren.

Als „Eiweiß“ haben wir zugeführt:

Beim hydrolysierten Kaseïn 587 Cal, bei den anderen Eiweißkörpern 672 Cal		
im Fleisch (4,26 × 6,25 = 26,62 g Eiweiß) . . .	150 „	150 „
	Total 737 Cal	822 Cal

Die Differenz von 85 Kalorien ist = 11 Proz. der Eiweißzufuhr. Wir haben also bei einer Verminderung der „Eiweiß“zufuhr um 11 Proz. eine Verminderung der spezifischen Energie um 8 bis 16 Proz.

Die spezifisch-dynamische Wirkung des hydrolysierten Kaseïns kann also um höchstens 5 Proz. tiefer liegen als die des unveränderten Kaseïns, eine Differenz, die noch in die Fehlergrenzen der Methode fallen würde. Wir kommen also zu dem Schluß, daß die Summe der abiureten Spaltungsprodukte des Kaseïns annähernd dieselbe spezifisch-dynamische Wirkung ausübt, wie der native Eiweißkörper.

Was folgt nun aus diesem Befunde? Rubner erklärt die spezifisch-dynamische Wirkung durch die Annahme, daß bei der Spaltung des Eiweißes ein N-freier, kohlehydratartiger Komplex entsteht, welcher allein die eigentliche Kraftquelle des Eiweißes darstellen und allein Fett nach dem Grundgesetz der Isodynamie einzusparen imstande sein soll; der N-haltige Rest soll bei der Verbrennung[1]) Wärme liefern, die innerhalb des Organismus in keine andere Kraftform übergeführt werden und auch nicht Fett einsparen kann. Demgegenüber schreibt Zuntz der Darmarbeit den überwiegenden Anteil an der Verdauungsarbeit zu. Die Zuntzsche Ansicht schien durch die Untersuchungen von Cronheim[2]) eine Stütze zu erfahren. Cronheim fand in Versuchen am Menschen nach Eingabe von Somatose nur eine geringe Steigerung der Wärmeproduktion. Seine Versuche sind aber schon deswegen nicht gut zu verwerten, weil die N-Ausscheidung im Kot nicht bestimmt

[1]) Lüthje (Therapie der Gegenwart, Mai 1905) schreibt der Spaltung des Eiweißes in einen N-freien und einen N-haltigen Teil allein schon jene die spezifisch-dynamische Energie ausmachende Erhöhung der Wärmeproduktion zu, auch wenn eine Verbrennung des N-haltigen Teiles nicht sofort stattfände. Diese Annahme ist aber in den Ausführungen Rubners nicht enthalten.

[2]) W. Cronheim, Beitr. zur Beurteilung der Frage nach dem Nährwerte der Spaltungsprodukte des Eiweißes. Pflügers Arch. 106.

wurde, und daher die Ausnützung des Präparates nicht garantiert ist. Auch waren die Mengen Somatose sehr gering; wurden aber größere Mengen gegeben, so traten Blähungen und weicher Stuhl auf, was wohl auf eine schlechte Ausnützung hindeutet. Falta[1]) hat in Versuchen am Menschen 60 g Somatose, in vier Portionen auf den Tag verteilt, gegeben und dabei am Versuchstage eine N-Ausscheidung im Kot bis zu 7 g beobachtet. Bei Fütterung mit Leim fand Rubner (Gesetze des Energieverbrauchs bei der Ernährung, S. 335 ff.) dieselbe Steigerung der Wärmeproduktion wie bei Eiweißfütterung.

Unser Versuch zeigt jedenfalls, daß die mit der Hydrolyse des Eiweißes verbundene Darmarbeit die Wärmeproduktion nicht in nennenswertem Grade erhöht. Wenn sich nun über die Bedeutung der Resorptionsarbeit auch noch nichts Sicheres aussagen läßt, so werden wir nun doch die Quelle der vermehrten Wärmeproduktion mit größter Wahrscheinlichkeit in jenen Stoffwechselvorgängen suchen, die sich jenseits der Darmwand im intermediären Stoffwechsel abspielen, und die, wie Rubner sagt, zur Spaltung des Eiweißes in einen N-freien und N-haltigen Teil, d. h. zur Desamidierung führen[2]). Damit wären wir allerdings noch nicht zum Verständnis des Wesens der spezifisch-dynamischen Wirkung des Eiweißes gelangt, denn die Frage, warum die bei der Desamidierung sich entfaltende Energie nur als Wärme auftreten kann, bleibt nach wie vor ungelöst[3]).

---

[1]) Nicht veröffentlicht.

[2]) Die geringe Einbuße, welche das Kaseïn durch die künstliche tryptische Verdauung in seiner spezifisch-dynamischen Wirkung erlitten hat, scheint auch auf einer unter der langen Einwirkung in geringem Umfange erfolgten Desamidierung zu beruhen. Denn das native Kaseïn (Hammarsten) enthält auf 1 g C 0,295 g N; unser hydrolysiertes Präparat enthielt auf 1 g C nur 0,266 g N. Wir haben eingeführt im Versuch mit nativem Kaseïn 23,77 g N (21,91 g Eiweiß N), mit hydrolysiertem Kaseïn 21,01 g N (19,15 g „Eiweiß“ N), die Differenz beträgt 2,76 g = 11,6 Proz. (bzw. 12,6 Proz.). Damit stimmt die Differenz von 8 bis 16 Proz. in der spezifisch-dynamischen Wirkung.

[3]) Vielleicht könnte man die Ursache für das einseitige Hervortreten der dynamischen Wirkung des Eiweißes zum Teil in den dem zeitlichen Ablauf der Zersetzungen zugrunde liegenden Gesetzen suchen. Kohlehydrate und Fette sind in hohem Grade speicherungsfähig. Soweit ihre Zersetzung dem Wärmehaushalt dient, erfolgt sie fast nur nach Maßgabe des Bedarfes. Diese Art der Wärmeproduktion ist in hohem Grade ökonomisch. Eiweiß hingegen ist, soweit es nicht zu Glykogen umgesetzt werden kann, bei vorwiegendem Eiweißgehalt der Nahrung nur in geringem Grade speicherungsfähig. Es verbrennt sehr rasch (die Erhöhung der Wärmeproduktion ist nur auf der Höhe der Eiweißzersetzung vorhanden) und liefert dabei im

Von Interesse ist auch mit Hinsicht auf die Versuche, wie weit die Spaltungsprodukte das Eiweißbedürfnis bestreiten können, die Berechnung des physiologischen Nutzeffektes des hydrolysierten Kaseïns.

Bekanntlich konnte O. Loewi[1]) Hunde mit selbstverdautem Pankreasgewebe längere Zeit im N-Gleichgewicht erhalten, ja sogar geringen N-Ansatz erzielen. Es fällt aber in seinen Versuchen auf, daß der gleiche Hund im Versuch V mit autolysiertem Pankreas weniger an Gewicht zugenommen hat, als im Versuch IV mit gewöhnlicher Nahrung, obschon die Kalorienzufuhr im Pankreasversuch eher höher war. Wir berechnen:

Für Versuch IV:			Für Versuch V:		
Fleisch	200 g = etwa	300 Cal	Pankreas[2]) . . . . . =	198	Cal
Stärke	50 „ =	205 „	Stärke 50 g . . . =	205	„
Schmalz	75 „ =	697 „	Schmalz 100 „ . . . =	930	„
	etwa	1200 Cal		1333	Cal

Zunahme in drei Tagen von 11,90 kg auf 12,65 kg, pro Tag 250 g.

Zunahme in vier Tagen von 11,92 kg auf 12,49 kg, pro Tag 140 g.

Einem ähnlichen Verhalten begegnen wir in den meisten Versuchen der späteren Autoren. Man könnte deshalb daran denken, daß der physiologische Nutzeffekt des autolysierten Pankreas geringer ist als der des Fleisches.

Da man also die Möglichkeit einer Differenz zwischen dem physiologischen Nutzeffekt gespaltenen Eiweißes und demjenigen unveränderten Eiweißes in Betracht ziehen muß, so haben wir versucht, ihn in unserem Falle zu berechnen, was in den früheren Versuchen nicht geschehen ist.

Wir definieren als physiologischen Nutzeffekt die Wärmemenge, welche nach Abzug der Verluste in Harn und Kot bei der Verbrennung im Tierkörper erzeugt wird.

Wir haben mit der Nahrung eingeführt:

Zustande alleiniger physikalischer Wärmeregulation Wärme im Überschuß. Diese Art der Wärmeproduktion ist sehr unökonomisch. Wenn es gelänge, Eiweiß speicherungsfähig zu machen, so müßte seine spezifisch-dynamische Wirkung kleiner werden oder gar ganz ausfallen.

[1]) O. Loewi, Über Eiweißsynthese im Tierkörper. Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. 48.

[2]) Loewi selbst gibt an, daß seine Substanz 13 Proz. N, pro Gramm Substanz 4,436 Cal lieferte, daraus berechnet sich für 5,8 g N 198 Cal.

120 g hydrolysiertes Kaseïn	= 586,8 Cal
Fleischeiweiß (4,26 × 6,25 = 26,6 g Eiweiß) 26,6 × 5,63	= 146,4 „
Fleischextrakt	= 81,1 „
Aus eingeschmolzenem Körpereiweiß	= 66,6 „
	Total 880,9 Cal

Die Abfälle betragen:

Im Kot	68,5 Cal
„ Harn	168,7 „
	Total 237,2 Cal

Um zu berechnen, wieviel von den Abfällen auf das hydrolysierte Kaseïn und wieviel auf die übrigen Bestandteile der Nahrung fällt, können wir die Feststellung Rubners zugrunde legen, daß bei Eiweiß die Abfälle etwa 25 Proz. der Verbrennungswärme betragen[1]). Wir haben dann für Nahrungseiweiß (146,4 Cal) und Körpereiweiß (66,6 Cal) = 213 Cal einen Verlust im Harn und Kot von 51,2 Cal zu rechnen. Schwieriger ist die Berechnung für die Extraktivstoffe. Nehmen wir mit Rubner[2]) an, daß der Extraktivstoff des Fleisches sich an der Wärmeproduktion überhaupt nicht beteiligt, sondern, ohne nutzbare Energie zu liefern, wieder ausgeschieden wird, so hätten wir 81,1 Cal aus Extrakt in den Verlusten zu suchen. Wir hätten dann Gesamtverlust: 237,2 Cal, Extrakt 81,1 Cal, Eiweiß 51,2 Cal, es bleiben Verluste für hydrolysiertes Kaseïn 104,9 Cal. Zugeführt waren im hydrolysierten Kaseïn 586,8 Cal, der Verlust betrüge also somit 18 Proz., der physiologische Nutzeffekt 82 Proz. Nehmen wir dagegen mit Frentzel und Toriyama[3]) an, daß der Nutzeffekt etwa $^2/_3$ betrage, so hätten wir in den Verlusten 81,1 : 3 = 27 Cal in Rechnung zu bringen. Wir erhalten dann: Gesamtverlust 237,2 Cal, Extrakt 27,0 Cal, Eiweiß 51,2 Cal, für hydrolysiertes Kaseïn bleiben 159,0 Cal = 27,1 Proz. Verlust. Der physiologische Nutzeffekt betrüge 72,9 Proz.

Wir können also sagen, daß der physiologische Nutzeffekt des hydrolysierten Kaseïns nicht geringer ist, als der des Fleischeiweißes.

Als Ergebnis der Arbeit können wir sagen, daß das tryptisch verdaute Eiweiß im Wärmehaushalt des Tieres die gleiche Rolle spielt wie unverändertes Eiweiß und daß die spezifisch-dynamische Wirkung, welche bei Fütterung mit hydrolysiertem Eiweiß beinahe

[1]) Rubner, a. a. O., S. 32.
[2]) Ders., Arch. f. Hygiene 51, 19 (1904).
[3]) Frentzel und Toriyama, Arch. f. Physiol., S. 499 (1901).

so groß ist wie bei Fütterung mit unverändertem Eiweiß, dafür spricht, daß die Rubnersche Ansicht, die Wärmeproduktion sei an den N-haltigen Komplex des Eiweiß gebunden, die richtige ist.

Zum Schlusse meiner Arbeit sage ich meinem verehrten Chef, Herrn Prof. Dr. His meinen besten Dank für die Überlassung der Arbeit und die Unterstützung bei derselben, ebenso gebührt mein Dank auch Herrn Dr. Rudolf Staehelin für seine Beihilfe.

Basel, im Oktober 1906.